

PCT

ORGANISATION MONDIALE DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE  
Bureau international



DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets <sup>3</sup> : D04C 1/06, E21B 17/00, 29/10		A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 94/25655
			(43) Date de publication internationale: 10 novembre 1994 (10.11.94)
(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR94/00484		(81) Etats désignés: AU, BB, BG, BR, BY, CA, CN, CZ, FI, HU, JP, KP, KR, KZ, LK, LV, MG, MN, MW, NO, NZ, PL, RO, RU, SD, SK, UA, US, UZ, VN, brevet européen (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG).	
(22) Date de dépôt international: 28 avril 1994 (28.04.94)		<p>Publiée</p> <p><i>Avec rapport de recherche internationale.</i></p> <p><i>Avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si de telles modifications sont reçues.</i></p>	
(30) Données relatives à la priorité: 93/05416 3 mai 1993 (03.05.93) FR			
(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): DRILLFLEX [FR/FR]; ZAC des Monts Gaultier, 29, rue Lavoisier, F-35230 Châtillon-sur-Seiche (FR).			
(72) Inventeurs; et (75) Inventeurs/Déposants (US seulement): BERTET, Eric [FR/FR]; 74, allée des Araucarias, F-45160 Olivet (FR). GUEGUEN, Jean-Marie [FR/FR]; 70 bis, rue du Maréchal-Foch, F-78600 Maisons-Laffitte (FR). SALTEL, Jean-Louis [FR/FR]; 12, avenue de la Montre, F-35650 Le Rheu (FR). SIONORI, Frédéric [FR/FR]; 3, rue de l'Hermitage, F-35650 Le Rheu (FR).			
(74) Mandataires: LE FAOU, Daniel; Cabinet Regimbeau, Boîte postale 19107, Centre d'Affaires Patton, 11, rue Franz-Heller, F-35019 Rennes Cédex 7 (FR).			
(54) Titre: PREFORM OR MATRIX TUBULAR STRUCTURE FOR WELL CASING			
(54) Titre: STRUCTURE TUBULAIRE DE PREFORME OU DE MATRICE POUR LE TUBAGE D'UN PUIT			
(57) Abstract			
<p>This tubular structure comprises at least a braiding of flexible strands (10) made of fibres (100) that are interlaced with a certain amount of clearance so that the structure is capable of expanding radially whilst being constrained in an axial direction under the application of an overpressure inside the preform or matrix.</p>			

BEST AVAILABLE COPY

(57) Abrégé

Cette structure tubulaire comprend au moins un tressage de mèches souples (10) composées de fibres (100) qui s'entrecroisent avec un certain jeu, de sorte qu'elle peut s'expanser radialement tout en se restreignant en direction axiale sous l'effet de l'application d'une surpression à l'intérieur de la préforme ou de la matrice.

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AT	Autriche	GB	Royaume-Uni	MR	Mauritanie
AU	Australie	GE	Géorgie	MW	Malawi
BB	Barbade	GN	Guinée	NE	Niger
BE	Belgique	GR	Grèce	NL	Pays-Bas
BF	Burkina Faso	HU	Hongrie	NO	Norvège
BG	Bulgarie	IE	Irlande	NZ	Nouvelle-Zélande
BJ	Bénin	IT	Italie	PL	Pologne
BR	Brazil	JP	Japon	PT	Portugal
BY	Bélarus	KE	Kenya	RO	Roumanie
CA	Canada	KG	Kirghizistan	RU	Fédération de Russie
CF	République centrafricaine	KP	République populaire démocratique de Corée	SD	Soudan
CG	Congo	KR	République de Corée	SE	Suède
CH	Suisse	KZ	Kazakhstan	SI	Slovénie
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	SK	Slovaquie
CM	Cameroun	LK	Sri Lanka	SN	Sénégal
CN	Chine	LU	Luxembourg	TD	Tchad
CS	Tchécoslovaquie	LV	Lettonie	TG	Togo
CZ	République tchèque	MC	Monaco	TJ	Tadjikistan
DE	Allemagne	MD	République de Moldova	TT	Trinité-et-Tobago
DK	Danemark	MG	Madagascar	UA	Ukraine
ES	Espagne	ML	Mali	US	Etats-Unis d'Amérique
FI	Finlande	MN	Mongolie	UZ	Ouzbékistan
FR	France			VN	Viet Nam
GA	Gabon				

## STRUCTURE TUBULAIRE DE PREFORME OU DE MATRICE POUR LE TUBAGE D'UN Puits

La présente invention concerne une structure tubulaire de préforme ou de matrice pour le tubage d'un puits, notamment d'un puits de forage pétrolier.

Dans la présente description, et dans les revendications, on entendra par le terme "tubage" un tube de consolidation d'un puits, par le terme "préforme" une structure tubulaire qui est initialement souple et est ensuite durcie pour se lier intimement et à demeure contre la paroi d'un puits (constituant ainsi un tubage), par le terme "matrice" une structure souple et récupérable servant d'outil pour dilater la préforme et l'appliquer contre la paroi du puits avant son durcissement.

Le terme "tubing de production" vise un tube coaxial à un tubage, et de plus petit diamètre, permettant de véhiculer le fluide produit par le puits (eau ou pétrole notamment).

Le centrage et l'étanchéité de ce "tubing" dans le tubage sont réalisés au moyen d'un obturateur gonflable hydrauliquement, couramment désigné par le terme anglais "packer".

Pour le tubage d'un puits de forage pétrolier, ainsi que pour des applications similaires, il a déjà été proposé des préformes tubulaires souples et durcissables, destinées à être mises en place à l'état plié - état dans lequel elles possèdent un encombrement radial faible - puis à être dépliées radialement, par application d'une pression intérieure. Selon cette technique, qui est notamment décrite dans les documents FR-A-2 662 207 et FR-A-2 668 241, la préforme possède, après déploiement radial, une forme strictement cylindrique, de diamètre bien déterminé.

Après mise en place dans un puits ou une canalisation, on procède au durcissement de la paroi de la préforme, par exemple par polymérisation de cette paroi qui a une structure composite composée d'une résine imprégnant des manches filamenteuses. Ces manches assurent que la préforme est inextensible radialement.

Selon ces techniques, il est nécessaire de prévoir un diamètre de tubage déployé qui soit légèrement inférieur au diamètre du trou à

tuber de telle sorte que la paroi du trou ne vienne pas modifier la forme cylindrique du tubage. L'espace annulaire ainsi formé, même s'il est très réduit, voire nul par endroits, doit être le plus souvent rempli par un ciment pour parfaire l'étanchéité entre le trou et le tubage posé.

5 Par ailleurs, dans sa forme repliée, la préforme tubulaire possède une section radiale inférieure de la moitié environ de sa section radiale développée, ce qui dans la plupart des cas est suffisant, mais peut s'avérer insuffisant pour certaines applications. C'est pourquoi, l'objectif de la présente invention est de résoudre ce problème en proposant une  
10 préforme dont la structure présente une géométrie déformable apte à venir s'appliquer sur les parois du trou à tuber (ou du tubage à chemiser) sans toutefois dépasser certaines limites, cette déformation étant maîtrisée et variable en fonction des différentes applications.

Un autre objectif de l'invention est de proposer une préforme  
15 dont le degré d'expansion soit nettement supérieur à ceux obtenus avec les dispositifs connus du genre précité, l'expansion de la préforme se faisant en deux étapes, tout d'abord par déploiement radial, puis par expansion radiale.

Pour parvenir à ce résultat, l'invention propose une structure  
20 tubulaire tressée, qui sera décrite plus loin, cette structure pouvant également s'appliquer à une matrice radialement expansible, c'est-à-dire à un outil amovible (et réutilisable) servant à l'expansion d'une préforme en vue du tubage d'un puits, que cette préforme possède ou non la structure selon l'invention.

25 Ces résultats sont atteints, conformément à l'invention, grâce au fait que la structure tubulaire de préforme ou de matrice proposée comprend au moins un tressage de mèches souples composées de fibres, qui s'entrecroisent avec un certain jeu, de sorte que cette structure peut s'expanser radialement tout en se restreignant en direction axiale sous  
30 l'effet de l'application d'une surpression à l'intérieur de la préforme ou de la matrice.

Dans un mode de réalisation préférentiel, ce tressage comprend deux séries de mèches s'entrecroisant symétriquement de part et d'autre des génératrices de la structure tubulaire, c'est-à-dire par rapport à  
35 son axe longitudinal, les mèches de chaque série étant parallèles entre elles.

De préférence, chacune des séries de mèches forme un angle aigu avec l'axe longitudinal qui est compris entre 10° et 30°, et est de préférence de l'ordre de 20°, lorsque la structure se trouve dans son état radialement contracté, tandis que cet angle est compris entre 50° et 70° lorsque la structure se trouve dans son état radialement expansé.

De préférence, les mèches sont plates, affectant la forme de rubans.

La préforme tubulaire, qui fait également l'objet de l'invention, est remarquable par le fait qu'elle possède une structure telle que décrite ci-dessus.

Dans un mode de réalisation préférentiel, la préforme possède une paroi en matériau composite, formée d'un milieu fluide et durcissable dans lequel est noyée ladite structure, ce milieu étant confiné entre des peaux intérieure et extérieure en matériau élastique.

Du reste, la peau intérieure pourrait être la paroi même de la matrice.

De préférence ce matériau est une résine durcissable, par exemple polymérisable à chaud.

Dans un mode de réalisation possible, la peau extérieure possède des reliefs, par exemple sous forme de renflements annulaires.

Avantageusement, la structure comprend plusieurs structures élémentaires tubulaires coaxiales qui sont conformes à l'invention, ces différentes structures tubulaires étant emmanchées les unes dans les autres avec possibilité de glissement relatif.

De préférence, la structure est suffisamment souple pour pouvoir être repliée sur elle-même longitudinalement lorsque la structure se trouve dans son état radialement contracté.

Ainsi, si on a affaire à une préforme, au cours de sa mise en place dans le puits ou dans la canalisation, on commence par la déplier à partir d'une extrémité afin de lui donner une forme approximativement cylindrique, puis on procède à son expansion radiale, par déformation de la structure ; le déploiement par dépliage et l'expansion subséquente sont réalisés par application d'un fluide à l'intérieur de la préforme.

L'invention a également pour objet une matrice tubulaire à paroi souple et radialement expansible, destinée à venir s'appliquer

radialement contre la paroi intérieure d'une préforme avant et pendant le durcissement de celle-ci, en vue de réaliser le tubage d'un puits, et notamment d'un puits de forage pétrolier.

La paroi de la matrice est munie d'au moins une structure  
5 tubulaire liée à un support élastique (également tubulaire, et étanche) et  
comprenant un tressage de mèches souples composées de fibres, qui  
s'entrecroisent avec un certain jeu, de sorte que cette structure et son  
support peuvent s'expanser conjointement en direction radiale, tout en se  
restreignant en direction axiale, sous l'effet d'une pression interne, tandis  
10 qu'inversement, elles peuvent se rétreindre radialement en s'allongeant  
axialement sous l'effet d'une dépression (vide) interne et/ou d'une traction  
axiale.

Dans un mode de réalisation avantageux d'une matrice  
conforme à l'invention, la structure tubulaire est insérée entre deux  
15 membranes élastiques, l'une intérieure et l'autre extérieure, l'ensemble  
formant un manchon gonflable équipé d'un tube d'amenée de fluide dans le  
manchon.

Selon un mode de réalisation, une telle matrice est fixée à la  
préforme au moyen d'éléments de liaison facilement sécables, permettant  
20 d'arracher la matrice après l'opération de tubage, en laissant ce dernier à  
l'intérieur du tube ou de la canalisation.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaî-  
tront de la description et des dessins annexés qui en montrent à titre  
d'exemples non limitatifs des modes de réalisation préférentiels.

25 Sur ces dessins :

- les figures 1, 2, 3 sont des schémas représentant une  
préforme ou une matrice pourvue d'une structure tubulaire conforme à  
l'invention, cette préforme ou matrice étant représentée respectivement à  
l'état radialement contracté, dans un état intermédiaire et dans un état  
30 radialement expansé ;

- les figures 1A, 2A et 3A sont des vues de détail représentant  
le tressage de mèches souples constituant la structure, dans un état de  
déformation correspondant respectivement aux figures 1, 2 et 3 ;

- la figure 4 est une vue en perspective avec arrachement d'une préforme conforme à l'invention possédant plusieurs structures emmanchées les unes dans les autres ;
  - la figure 5 est une section transversale, à plus grande échelle, de la préforme de la figure 4 ;
  - les figures 6A et 6B sont des vues schématiques de la section de la préforme axialement repliée sur elle-même, dans deux configurations possibles différentes ;
  - les figures 7 et 7' sont des vues similaires de l'une ou l'autre des préformes des figures 6A ou 6B, respectivement après déploiement et après expansion radiale ;
  - la figure 8 est une vue similaire à celle de la figure 2A montrant une variante du mode de tressage de la structure ;
  - la figure 9 est une vue schématique en coupe longitudinale, d'une matrice et d'une préforme toutes deux conformes à l'invention, au cours de la mise en place de la préforme dans un puits, matrice et préforme étant déployées, mais non expansées radialement ;
  - la figure 9A est un détail à plus grande échelle de la zone de la paroi de la matrice et de la préforme qui est référencée A à la figure 9 ;
  - les figures 10, 10A, 10B, 10C et 10D sont des vues schématiques destinées à illustrer les différentes étapes successives de la mise en place d'un tubage dans un puits de forage pétrolier au moyen d'un tubing de production, à l'aide de l'ensemble matrice - préforme de la figure 9.
  - la figure 11 illustre un mode possible d'extraction de la matrice ;
  - les figures 12 et 12A représentent le gonflage progressif d'une matrice au cours de la dilatation d'une préforme dans un puits.
- La préforme ou la matrice désignée 1 sur les figures 1 à 3 a une forme tubulaire munie d'une structure tressée. Celle-ci est composée d'un entrelacement de deux séries de mèches plates, ou rubans 10a, 10b qui s'enroulent en hélice pour constituer l'enveloppe de la structure. Les deux séries sont de pas inverse, et les mèches sont inclinées d'un angle aigu  $\alpha$

par rapport à la génératrice du tube qu'elle forme, qui est cylindrique. Pour simplifier l'exposé, on a pris comme référence l'axe XX' du tube sur les figures 1 à 3. Les deux séries de mèches 10a et 10b s'entrelacent à la manière d'un cannage, symétriquement par rapport à l'axe XX', de part et d'autre de ce dernier.

Avantageusement, l'angle  $\alpha$  est de l'ordre de 20° (figures 1 et 1A).

Chacune des mèches 10 est formée d'une pluralité de fibres ou de fils ayant une grande résistance mécanique, et inextensibles, accolés les uns aux autres. Il s'agit par exemple de fibres de verre ou de carbone ayant un diamètre de quelques micromètres, ou de fils d'acier.

A titre indicatif, les mèches 10 ont une largeur comprises entre 1 et 6 mm, et une épaisseur comprise entre 0,1 et 0,5 mm.

De préférence, le matériau constituant les fibres ou fils qui forment ces mèches ont un faible coefficient de frottement, favorisant le glissement mutuel des mèches entrelacées, et par conséquent favorisant la déformabilité de la structure.

Comme on le voit à la figure 2A, le tressage des deux séries de mèches 10a d'une part et 10b d'autre part est fait avec un certain jeu, donnant un assemblage lâche qui ménage des espaces 11 en forme de losanges à l'intersection des deux séries 10a, 10b.

A la figure 1 on a représenté la préforme ou la matrice dans la configuration qui lui donne la longueur la plus grande possible L1. Dans cet état, la structure est autobloquée, les différentes mèches étant en appui par leurs bords les unes contre les autres. La préforme possède un diamètre minimal D1.

Il est possible de déformer cette structure, par exemple - comme on le verra plus loin - en lui appliquant une pression interne.

Ce phénomène est illustré à la figure 2. On peut augmenter l'angle que font les mèches avec la direction axiale XX', cette déformation faisant apparaître les espaces 11 déjà mentionnés. Aux figures 2 et 2A les deux séries de mèches 10a et 10b sont dans une position intermédiaire, l'angle  $\alpha$  étant par exemple de l'ordre de 30 à 35°. Cette déformation



correspond à une compression axiale A de la structure et, corrélativement, à une expansion radiale R. La structure possède ainsi une longueur L2 inférieure à L1 et un diamètre D2 supérieur à D1.

Cette déformation peut continuer jusqu'à l'état illustré aux figures 3 et 3A dans lequel la structure va à nouveau se bloquer, les mèches constitutives du tressage venant à nouveau en appui les unes contre les autres comme cela est représenté à la figure 3A. De préférence, le tressage est déterminé pour que ce blocage se fasse lorsque l'angle w que forment les mèches par rapport à la direction axiale comprise entre 50° et 70°. La structure possède alors une longueur minimale L3 et un diamètre maximal D3.

Cette déformation est bien entendu réversible, et en tirant axialement sur les extrémités de la structure représentée à la figure 3, il est possible de la faire revenir à l'état de la figure 1.

Le tressage représenté aux figures 1A à 3A est un tressage simple, dans lequel une mèche 10a passe alternativement au-dessus et en-dessous d'une mèche 10b, et réciproquement. Il va de soi que d'autres modes de tressage peuvent être envisagés, tel que par exemple celui représenté à la figure 8. Selon ce dernier, chaque mèche 10a passe successivement au-dessus et en-dessous de deux mèches 10b, et réciproquement.

Il convient de rappeler que la structure représentée aux figures 1 à 3 est purement schématique, destinée à expliquer le phénomène de déformabilité de la préforme ou matrice.

La figure 4 montre une préforme 1 susceptible d'application industrielle. Celle-ci comprend plusieurs structures tubulaires déformables telle que celle qui vient d'être décrite, en l'occurrence quatre structures 3a, 3b, 3c et 3d coaxiales, et de diamètres de plus en plus petits, emmanchées les unes dans les autres. Dans la pratique, un nombre supérieur, par exemple de dix structures emmanchées peut naturellement être prévu. Elles sont confinées entre deux peaux en matériaux élastiques, par exemple en matière élastomère l'une 4 extérieure et l'autre 5 intérieure. Le rôle de cette dernière pourrait être joué par la paroi de la matrice. Elles sont imprégnées d'un milieu fluide mais durcissable, par exemple d'une résine.

thermodurcissable polymérisable à chaud, logée entre les deux peaux 4 et 5.

L'aptitude à la déformation des peaux 4 et 5 est choisie pour être compatible avec celle des structures tressées 3, la déformation de l'ensemble se faisant conjointement, et avec les mêmes amplitudes.

En raison de la fluidité du milieu 30 et de la souplesse des structures 3a à 3d, lesquelles peuvent glisser librement les unes par rapport aux autres, il est possible de replier la préforme longitudinalement sur elle-même. Les figures 6A et 6B montrent deux modes possibles (non limitatifs) de pliage, respectivement en forme de U et en forme d'escargot (spirale). A la suite d'un tel pliage, on peut donc donner à la préforme une section transversale présentant un encombrement très faible. Par dépliement, on peut déployer la préforme, pour lui donner la forme cylindrique représentée à la figure 7. Ensuite, par exemple en appliquant une surpression interne, on peut provoquer l'expansion radiale de la préforme, par déformation de chacune des structures concentriques 3a, 3b, 3c et 3d par application du phénomène décrit précédemment.

La figure 9 représente une préforme similaire à celle qui vient d'être décrite associée à un outil dilatateur destiné à en assurer la mise en place dans un puits, outil ci-après appelé matrice.

La préforme 1, représentée à l'état déplié, mais non expansé, comprend - comme déjà dit - un milieu 30 en résine thermodurcissable qui occupe l'espace annulaire situé entre deux peaux en matériau élastique l'une extérieure 4 et l'autre intérieure 5 ou 71 (du manchon 7). Dans cet espace se trouvent également plusieurs structures déformables tubulaires et concentriques formées par des rubans tressés 3.

La matrice - référencée 6 - comprend un manchon tubulaire 7 obturé à ses extrémités haute et basse par des bouchons obturateurs 60 respectivement 61.

Le bouchon supérieur 60 est traversé par un tube 8 qui présente des ouvertures 80 débouchant, tout comme son extrémité libre, à l'intérieur du manchon 7. Des moyens appropriés non représentés, permettent d'introduire un liquide sous pression par le tube 8 à l'intérieur du manchon 7, via un conduit souple.

Ce liquide peut être amené à partir de la surface. Dans une variante d'exécution, on peut faire usage de liquide (boue, pétrole...) présent dans le puits, en l'introduisant dans la matrice à l'aide d'une pompe  
5 équipant cette dernière.

La paroi du manchon est constituée de deux membranes élastiques, par exemple en matériau élastomère, l'une intérieure 72 et l'autre extérieure 71. Entre les deux membranes est disposée une structure tubulaire à mèches tressées telle que décrite précédemment, référencées  
10 70. Dans une variante, plusieurs structures concentriques peuvent être prévues, emmanchées les unes dans les autres comme c'est le cas pour la préforme.

La longueur du manchon 7 est supérieure à celle de la préforme 1. Des bouchons d'extrémité 60, 61 sont fixés, par exemple par  
15 collage, dans les zones d'extrémité de la membrane intérieure 72.

Le manchon 7 est fixé, par sa membrane externe 71, à la préforme 1, au moyen de manchettes d'extrémité 73, 74. Celles-ci possèdent des zones de rupture 730, respectivement 740. Les manchettes 73 et 74 forment des joints d'étanchéité entre la préforme et le manchon 7  
20 constitutif de la matrice 6.

L'interface entre la membrane externe 71 du manchon et la peau intérieure 5 de la préforme est traitée, par exemple par enduction de silicone, pour qu'il y ait peu d'adhérence entre ces deux éléments.

Dans un mode de réalisation, la peau intérieure peut être  
25 supprimée.

De préférence, comme on le voit sur le détail de la figure 9A, la face externe de la peau extérieure 4 de la préforme possède des patins 40. Il s'agit par exemple de renflements annulaires séparés par des cavités également annulaires 41. La fonction de ces patins est de favoriser  
30 l'étanchéité avec la paroi du puits, et de conserver une précontrainte et une certaine souplesse après durcissement.

La figure 10 et les suivantes illustrent l'opération de tubage d'un puits de forage pétrolier à travers un tubing de production au moyen de la préforme 1 et à l'aide de la matrice qui viennent d'être décrits.

On a désigné par P la paroi du puits et par la référence 9 le tubing de production équipant le puits, ce tubing étant retenu et centré par un obturateur hydraulique - ou "packer" - 90.

5 A titre indicatif, le diamètre intérieur du tubing 9 est de 60 mm tandis que le diamètre moyen du puits est de l'ordre de 180 mm. La préforme est introduite en étant repliée sur elle-même, par exemple en escargot (voir figure 6B) d'une telle manière que la plus grande dimension de sa section transversale soit inférieure au diamètre intérieur du tubing 9. Cette plus grande dimension est par exemple de l'ordre de 55 mm. La  
10 préforme est donc descendue, en même temps que le tube 8, au niveau souhaité à l'intérieur du puits. Dans un premier temps, on va provoquer le déploiement de la préforme 1, lui faisant prendre une forme cylindrique. Son diamètre extérieur est alors de 90 mm. Ceci est obtenu en introduisant à l'intérieur du manchon 7, via le tube 8, un fluide tel que l'eau sous  
15 pression.

Cette arrivée de fluide est symbolisée par les flèches f à la figure 10A.

On augmente ensuite la pression du fluide, comme illustré par les flèches f' à la figure 10B. On réalise ainsi l'expansion radiale, à la fois  
20 du manchon 7 et de la préforme 1, par l'effet de déformation du tressage qui a été décrit en référence aux figures 1 à 3.

Bien entendu, en même temps que s'opère cette expansion radiale, on observe une réduction de la longueur de la préforme et de la matrice. Elle atteint ainsi un diamètre de 180 mm.

25 La préforme vient donc s'appliquer intimement contre la paroi P du puits. Le degré d'expansion se fait selon les besoins, c'est-à-dire en fonction des aspérités de la paroi. Il s'agit là d'une différence essentielle par rapport au dispositif de préforme souple connu, dont la dilatation radiale ne peut se faire que selon un diamètre bien défini. La préforme  
30 s'adapte donc à la configuration de puits qu'elle rencontre. Ceci est encore favorisé par la présence des patins 40, qui assurent l'ancrage et l'étanchéité.

On laisse ensuite durcir la paroi de la préforme, en introduisant et en faisant circuler un fluide chaud (et sous pression) dans le

manchon 7. Lorsque la polymérisation est terminée, on aspire le fluide contenu dans le manchon, ce qui provoque la rétraction radiale de celui-ci, comme illustré à la figure 10C.

5 Par traction vers le haut sur le tube 8, il est alors possible d'arracher l'ensemble de la matrice, par rupture des zones de liaison sécables 730 et 740.

Le manchon 7 s'allonge en se rétractant radialement, et il est possible de l'extraire à travers le tube 9.

10 L'ancienne préforme 1, durcie, constitue un élément de tubage du puits.

Un tel tubage peut être utilisé avec ou sans ciment, en fonction des conditions de sol rencontrées.

15 Il est bien entendu nécessaire, au moment de positionner la préforme, dans le puits, de tenir compte de sa réduction de longueur axiale, qui interviendra en cours d'opération.

Le mode d'extraction illustré à la figure 11 ne nécessite pas l'application d'un vide à l'intérieur de la matrice.

20 En effet, grâce à la structure tressée, sous l'effet de la traction  $F'$  exercée sur la matrice, celle-ci se rétreint progressivement en direction radiale, de haut en bas, se décollant du tubage 1 (déjà durci).

La référence 7a désigne la portion de la matrice déjà rétreinte, et détachée du tubage, dont les mèches de structure forment l'angle  $\underline{u}$ .

25 La référence 7b désigne la portion dilatée, dont les mèches forment l'angle  $\underline{w}$ .

30 Aux figures 12 et 12A, on a représenté une dilatation de la matrice 7 et de la préforme 1 qui se fait progressivement, du bas vers le haut, un liquide de gonflage étant introduit, via le conduit 8, à la partie inférieure de la matrice. La progression du gonflage peut être obtenue par exemple en enfermant la préforme et la matrice (à l'état replié) dans une enveloppe apte à se déchirer longitudinalement et de bas en haut.

35 Il va de soi que la structure déformable tressée conforme à l'invention peut être mise en oeuvre avec des préformes dont la mise en place ne ferait pas appel à des matrices de gonflage utilisant une telle structure, et vice-versa.

Dans un mode de réalisation possible de la structure, certaines fibres de certaines au moins des mèches (et, avantageusement de l'ensemble des mèches) sont remplacées par des fils conducteurs d'électricité, permettant le chauffage de la préforme ou de la matrice, en vue de la polymérisation de la matrice, lorsqu'ils sont branchés à une source de courant.

Ceci est surtout intéressant pour une matrice (réutilisable), les connections électriques aux deux extrémités de la structure ne présentant pas de difficultés particulières.

### REVENDEICATIONS

1. Structure tubulaire de préforme ou de matrice pour le tubage d'un puits, caractérisée par le fait qu'elle comprend au moins un tressage de mèches souples (10, 70) composées de fibres (100), qui s'entrecroisent avec un certain jeu, de sorte qu'elle peut s'expanser  
5 radialement tout en se restreignant en direction axiale sous l'effet de l'application d'une surpression à l'intérieur de la préforme (1) ou de la matrice (7).
2. Structure tubulaire selon la revendication 1, caractérisée par le fait que ledit tressage comprend deux séries de mèches (10a, 10b)  
10 s'entrecroisant symétriquement par rapport à l'axe longitudinal (XX') de la structure tubulaire, les mèches de chaque série étant parallèles entre elles.
3. Structure tubulaire selon la revendication 2, caractérisée par le fait que lorsqu'elle se trouve dans son état radialement contracté, chacune desdites séries de mèches (10a, 10b) forme un angle aigu (u)  
15 compris entre 10° et 30°, et de préférence de l'ordre de 20° par rapport à l'axe longitudinal (XX').
4. Structure tubulaire selon la revendication 2 ou 3, caractérisée par le fait que lorsqu'elle se trouve dans son état radialement expansé, chacune desdites séries de mèches (10a, 10b) forme un angle aigu  
20 (w) compris entre 50° et 70° par rapport à l'axe longitudinal (XX').
5. Structure tubulaire selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisée par le fait que lesdites mèches (10, 70) sont plates, affectant la forme de rubans.
6. Structure tubulaire comprenant plusieurs structures  
25 élémentaires conformes à l'une au moins des revendications précédentes, qui sont emmanchées coaxialement les unes dans les autres.
7. Structure tubulaire selon l'une des revendications précédentes, caractérisée par le fait qu'elle est suffisamment souple pour pouvoir être repliée longitudinalement sur elle-même lorsqu'elle se trouve dans son état  
30 radialement contracté.
8. Structure tubulaire selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisée par le fait que certaines fibres de certaines au moins des

mèches constitutives du tressage sont remplacées par des fils conducteurs d'électricité permettant le chauffage de la préforme ou de la matrice par effet Joule lorsqu'ils sont branchés à une source de courant.

5 9. Préforme tubulaire (1) radialement expansible, pour le tubage d'un puits, caractérisée par le fait qu'elle possède une structure conforme à l'une des revendications précédentes, et qu'elle possède une paroi en matériau composite, formée d'un milieu fluide et durcissable (30) dans lequel est noyée ladite structure, et qui est confiné entre des peaux intérieure (5) et extérieure (4) en matériau élastique.

10 10. Préforme selon la revendication 9, caractérisée par le fait que ledit matériau (30) est une résine durcissable, par exemple polymérisable à chaud.

11. Préforme selon la revendication 10, caractérisée par le fait que ladite peau extérieure possède des reliefs (40).

15 12. Matrice tubulaire (6) radialement expansible, servant à dilater radialement une préforme (1) pour constituer le tubage d'un puits (P), caractérisée par le fait qu'elle possède une structure conforme à l'une des revendications 1 à 5.

20 13. Matrice selon la revendication 12, caractérisée par le fait que ladite structure tubulaire (70) est insérée entre deux membranes élastiques, l'une intérieure (72) et l'autre extérieure (71), l'ensemble formant un manchon gonflable (7) équipé d'un tube (8) d'amenée de fluide dans le manchon.

25 14. Matrice selon la revendication 13, caractérisée par le fait qu'elle est fixée à la préforme (1) au moyen d'éléments de liaison sécables (73, 74).

30 15. Matrice tubulaire à paroi souple et radialement expansible, destinée à venir s'appliquer radialement contre la paroi intérieure d'une préforme avant et pendant le durcissement de celle-ci, en vue de réaliser le tubage d'un puits, et notamment d'un puits de forage pétrolier, caractérisée par le fait que sa paroi est munie d'au moins une structure tubulaire liée à un support élastique, et comprenant un tressage de mèches souples (70) composée de fibres, qui s'entrecroisent avec un certain jeu, de sorte que la



- structure et son support peuvent s'expanser conjointement en direction radiale, tout en se restreignant en direction axiale, sous l'effet d'une pression interne, tandis qu'inversement, elles peuvent se rétreindre radialement en s'allongeant en direction axiale sous l'effet d'une
- 5 dépression interne et/ou d'une traction axiale.

FIG. 1

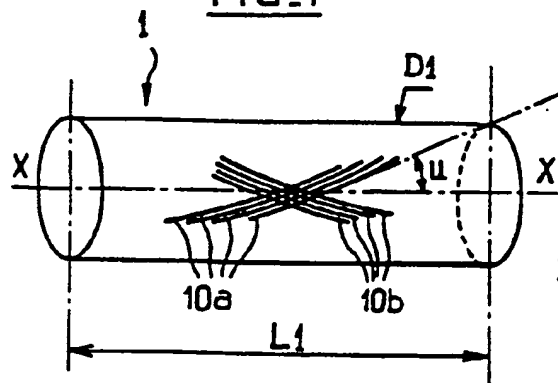


FIG. 1A

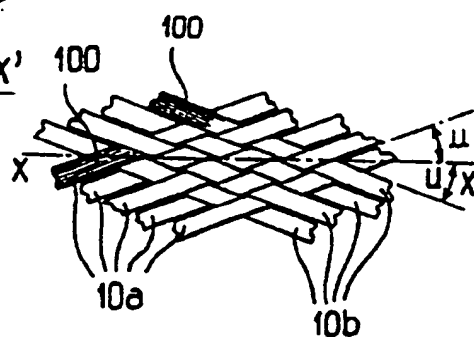


FIG. 2

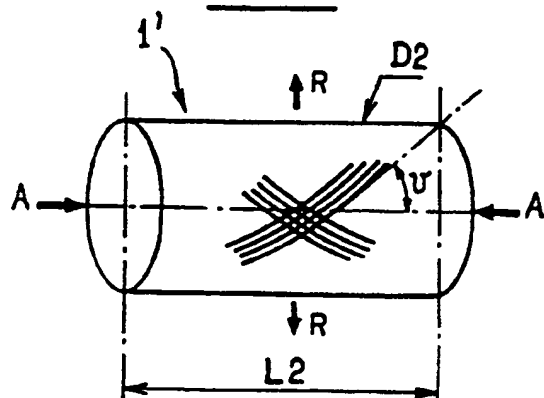


FIG. 2A

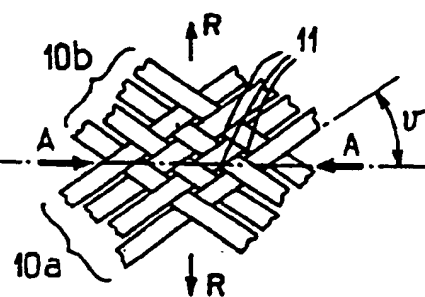


FIG. 3

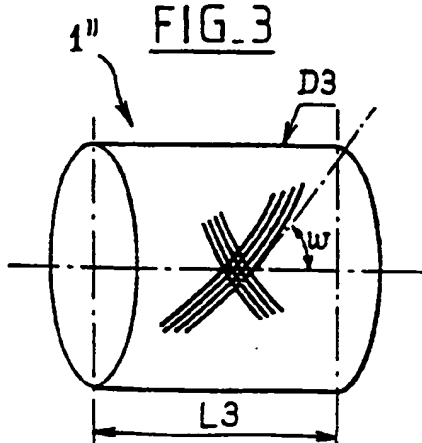
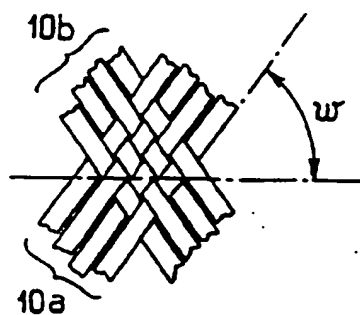


FIG. 3A



2 / 5

FIG. 4

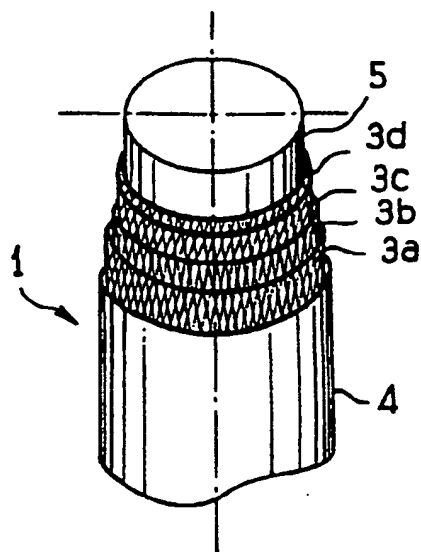


FIG. 5

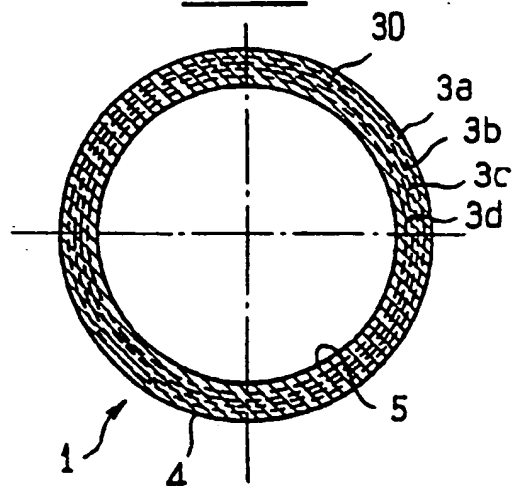


FIG. 6A

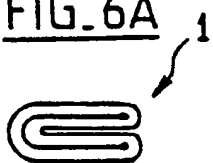


FIG. 7

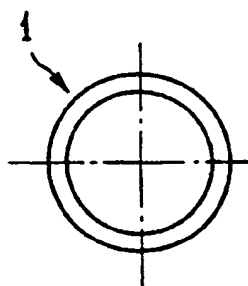


FIG. 7'

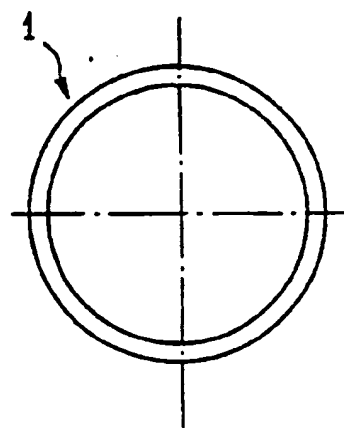


FIG. 6B



FIG. 8

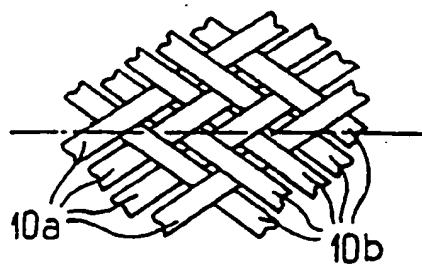
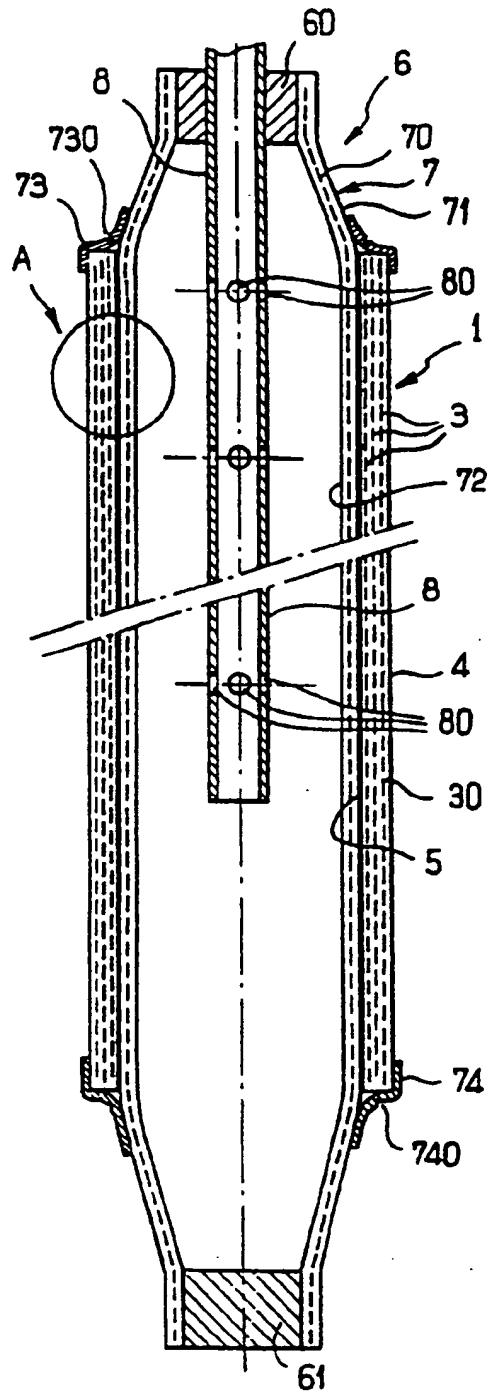
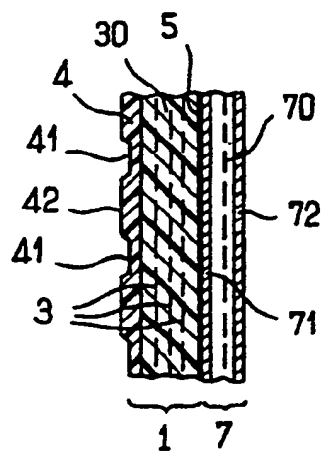


FIG. 9



4 / 5

FIG.10

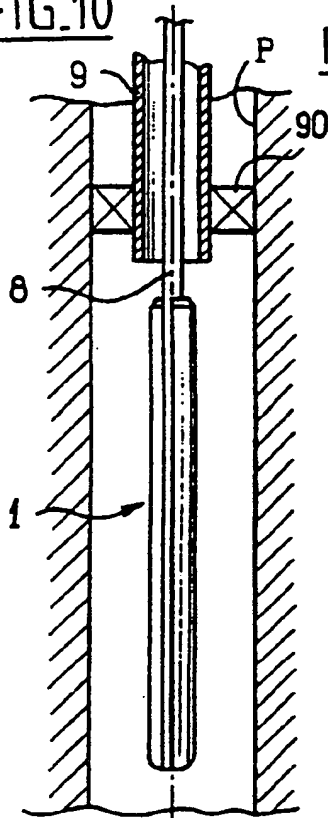


FIG.10A

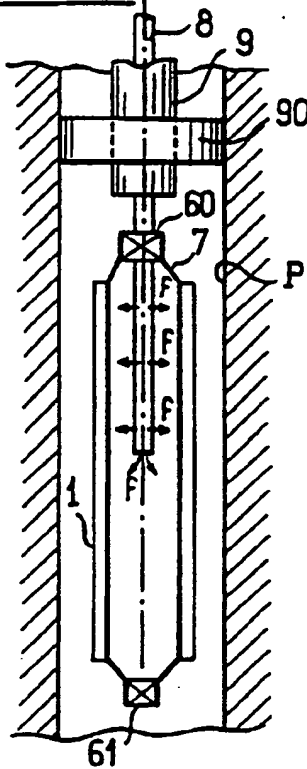


FIG.10B

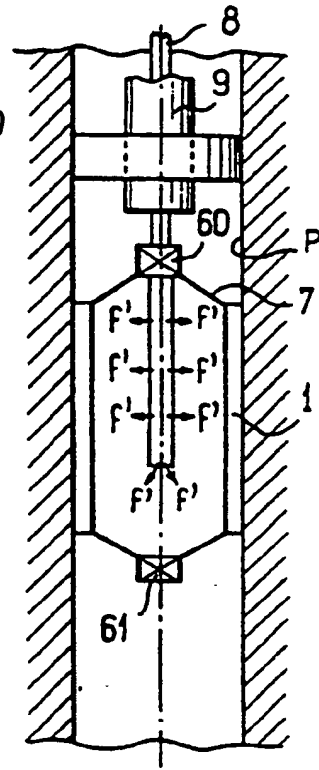


FIG.10C

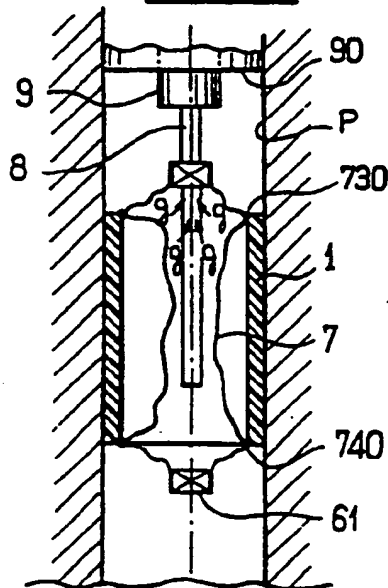
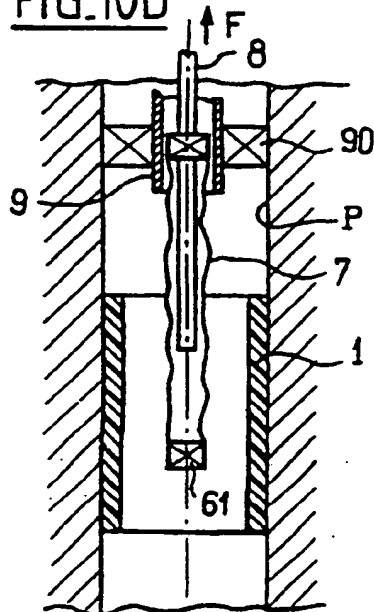


FIG.10D



5 / 5

FIG.11

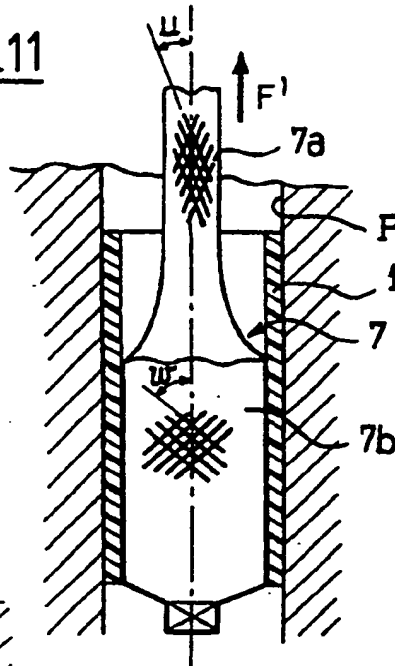


FIG.12

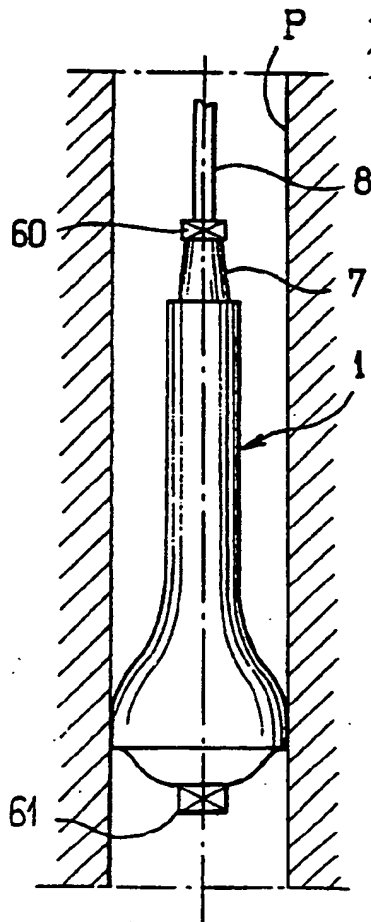
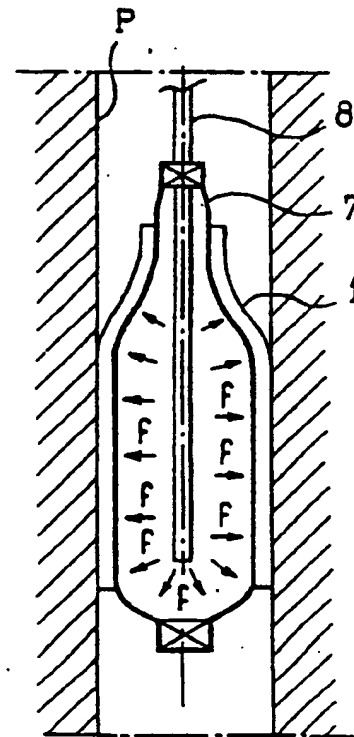


FIG.12A



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Appl. No.  
PCT/FR 94/00484

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC 5 004C1/06 E21B17/00 E21B29/10		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 5 004C E21B F16L		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO,A,91 18180 (NOBILEAU) 28 November 1991 cited in the application see page 13, line 14 - line 32; claims 1-3; figures 1-12	1,2,9
A	---	7,10
Y	US,A,2 238 058 (JOHNSON ET AL) see claim 1; figures 1-3	1,2,9
A	---	4
A	US,A,3 104 717 (SANDLIN ET AL) ---	
A	US,A,4 971 152 (KOSTER ET AL) 20 November 1990	
A	EP,A,0 392 026 (NKK CORPORATION) 17 October 1990 ---	
	--- -/-	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another claim or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such docu- ments, such combination being obvious to a person skilled in the art. "A" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search  11 August 1994		Date of mailing of the international search report  20.09.94
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentkan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Facs (+ 31-70) 340-3016		Authorized officer  Van Gelder, P

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. onal Application No  
PCT/FR 94/00484

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim no.
A	FR,A,2 576 040 (LEJEUNE) 18 July 1986 -----	

1



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

Int. Appl. No.

PCT/FR 94/00484

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO-A-9118180	28-11-91	FR-A- 2662207	22-11-91
		FR-A- 2668241	24-04-92
		FR-A- 2671787	24-07-92
		AU-A- 7962691	10-12-91
		EP-A- 0527932	24-02-93
US-A-2238058		NONE	
US-A-3104717		NONE	
US-A-4971152	20-11-90	NONE	
EP-A-0392026	17-10-90	WO-A- 9002647	22-03-90
FR-A-2576040	18-07-86	NONE	

Dem : Internationale No  
PCT/FR 94/00484

Formulary, ECT 75A/718 (400 mg/ml) (July 1972)

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Don : Internationale No  
PCT/FR 94/00484

(liste) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FR,A,2 576 040 (LEJEUNE) 18 Juillet 1986 -----	

Formulaire PCT/ISA/210 (suite de la deuxième feuille) (juillet 1992)

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Donnée internationale No  
PCT/FR 94/00484

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO-A-9118180	28-11-91	FR-A- 2662207	22-11-91
		FR-A- 2668241	24-04-92
		FR-A- 2671787	24-07-92
		AU-A- 7962691	10-12-91
		EP-A- 0527932	24-02-93
US-A-2238058		AUCUN	
US-A-3104717		AUCUN	
US-A-4971152	20-11-90	AUCUN	
EP-A-0392026	17-10-90	WO-A- 9002647	22-03-90
FR-A-2576040	18-07-86	AUCUN	

WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION  
International Bureau

(51) International patent classification <sup>5</sup> : D04C 1/06, E21B 17/00, 29/10		A1	(11) International publication No. WO 94/25655
(21) International application number: PCT/FR94/00484		(43) Date of international publication: November 10, 1994 (11.10.94)	
(22) International filing date: APR. 28, 1994 (04.28.94)		(81) Designated countries: AU, BB, BG, BR, BY, CA, CN, CZ, FI, HU, JP, KP, KR, KZ, LK, LV, MG, MN, MW, NO, NZ, PL, RO, RU, SD, SK, UA, US, UZ, VN, European patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG)	
(30) Priority Information: 93/05416 MAY 3, 1993 (05.03.93) FR		<p><b>Published:</b></p> <p><i>With international search report</i></p> <p><i>Prior to the expiration of the period provided for the modification of the claims, it will be republished if said modifications are received.</i></p>	
(71) Applicant (for all designated countries except US): DRILLFLEX [FR/FR]; ZAC des Monts Gaultier, 29, rue Lavoisier, F-35230 Châtillon-sur-Seiche (FR).			
(72) Inventors; and			
(75) Inventors/Applicants (US only): BERTET, Eric [FR/FR]; 74, allée des Araucarias, F-45160 Olivet (FR). GUEGUEN, Jean-Marie [FR/FR]; 70 bis, rue du Maréchal-Foch, F-78600 Maisons-Laffitte (FR). SALTEL, Jean-Louis [FR/FR]; 12, avenue de la Motte, F-35650 Le Rheu (FR).			
(74) Attorney: LE FAOU, Daniel; Regimbeau Law Offices, P.O. Box 19107, Patton Business Center, 11 rue Franz-Heller, F-35019 Rennes Cédex 7 (FR).			
(54) Title: PREFORM OR MATRIX TUBULAR STRUCTURE FOR WELL CASING			
[drawing]			
(57) Abstract: [see original for English]			

*FOR INFORMATION ONLY*

Codes used to identify the States that are party to the PCT, on the cover pages of brochures publishing international applications in virtue of the PCT.

[see original for codes]

## **PREFORM OR MATRIX TUBULAR STRUCTURE FOR WELL CASING**

The present invention concerns a preform or matrix tubular structure for well casing, particularly an oil well bore-hole.

In the present description and in the claims, the term "casing" will be understood as a well reinforcing tube, the term "preform" is a tubular structure that is initially flexible and is then  
5 hardened to bind tightly and remain against the wall of a well (thus constituting a casing), the term "matrix" is a flexible and retrievable structure used as a tool to expand the preform and apply it against the wall of the well before it is cured.

The term "production tubing" refers to a tube that is coaxial to a casing, and smaller in diameter, which carries the fluid produced by the well (water or oil in particular).

10 The centering and sealing of this tubing in the casing is accomplished by means of a hydraulically inflatable obturator, commonly called by the English term "packer."

For casing an oil well bore-hole, as well as for similar applications, flexible and curable tubular preforms have already been proposed that are put in place in the folded state—a state in which they take up little radial space—then are radially unfolded by application of an internal  
15 pressure. According to this technique, which in particular is described in the documents FR-A-2 662 207 and FR-A-2 668 241, the preform has, after radial deployment, a strictly cylindrical shape of specifically determined diameter.

After being placed in a well or a pipe, the wall of the preform is cured, for example by polymerizing said wall, which has a composite structure comprised of a resin impregnating  
20 filamentary sleeves. These sleeves ensure that the preform is radially inextensible.

According to these techniques, it is necessary to have a deployed casing diameter that is slightly smaller than the diameter of the hole to

be cased so that the wall of the hole does not change the cylindrical shape of the casing. The annular space thus formed, even if it is very small or non-existent in places, must usually be filled with a cement to complete the seal between the hole and the installed casing.

Moreover, in its folded form, the tubular preform has a radial cross section that is less  
5 than about half of its developed radial cross section, which in most cases is sufficient, but can prove to be insufficient for certain applications. The objective of the present invention, therefore, is to resolve this problem by proposing a preform the structure of which has a deformable geometry that can be applied to the walls of a hole to be cased (or of the casing to be lined) without, however, exceeding certain limits, this deformation being controlled and variable  
10 depending on the different applications.

Another objective of the invention is to propose a preform the degree of expansion of which is clearly superior to those obtained with the known devices of the above-mentioned type, the expansion of the preform being done in two stages, first by radial deployment, then by radial expansion.

15 To accomplish this, the invention proposes a braided tubular structure, which will be described further on, this structure also being applicable to a radially expandable matrix, that is, to a removable (and reusable) tool used to expand a preform for a well casing, whether or not this preform has the structure according to the invention.

These results are achieved, according to the invention, because the proposed tubular  
20 preform or matrix structure includes at least a braiding of flexible strands made of fibers that are interlaced with a certain amount of clearance so that the structure is capable of expanding radially while being constrained in an axial direction under the application of an overpressure inside the preform or matrix.

In one preferential embodiment, this braiding is composed of two series of symmetrically  
25 interlaced strands on either side of the generatrices of the tubular structure, that is, with respect to its longitudinal axis, the strands of each series being parallel to each other.



Preferably, each series of strands forms an acute angle with the longitudinal axis of between 10° and 30°, and is preferably on the order of 20° when the structure is in its radially contracted state, while this angle is between 50° and 70° when the structure is in its radially expanded state.

5            Preferably, the strands are flat, assuming the shape of bands.

The tubular preform, which is also the object of the invention, is notable in that it has a structure as described above.

In one preferential embodiment, the preform has a wall made of composite material, formed from a fluid and curable medium in which said structure is embedded, this medium being  
10           confined between interior and exterior skins made of elastic material.

As a corollary, the interior skin could be the wall of the matrix.

This material is preferably a resin that is curable, by heat setting for example.

In one possible embodiment, the exterior skin has portions that stand in relief, for example in the form of ring-shaped bulges.

15           Advantageously, the structure includes several coaxial tubular elementary structures that are in accordance with the invention, these different tubular structures being fitted into each other with the possibility of relative sliding.

The structure, preferably, is flexible enough to be able to be folded longitudinally on itself when the structure is in its radially contracted state.

20           Thus, if a preform is concerned, during its installation in the well or in the pipe, the operation is begun by unfolding the preform starting at one end in order to give it an approximately cylindrical shape, then it is radially expanded by deformation of the structure. The deployment by unfolding and subsequent expansion are accomplished by application of a fluid inside the preform.

25           The invention also concerns a tubular matrix with flexible and radially expandable wall, intended to be applied

radially against the inner wall of a preform before and during the curing thereof, in order to produce the casing for a well, and particularly an oil well bore-hole.

The wall of the matrix is provided with at least one tubular structure attached to an elastic support (also tubular, and impervious) and having a braiding of flexible strands made of fibers  
5 that are interlaced with a certain amount of clearance, so that this structure and its support can be radially expanded together, while being constrained in an axial direction under the application of an internal pressure, while conversely, they can be constrained radially while being extended axially under the application of an internal depression (vacuum) and/or an axial tension.

In one advantageous embodiment of a matrix according to the invention, the tubular  
10 structure is inserted between two elastic membranes, one interior and the other exterior, the assembly forming an inflatable sleeve equipped with a tube to carry fluid into the sleeve.

According to one embodiment, such a matrix is attached to the preform by means of easily breakable connecting elements, allowing the matrix to be removed after the casing operation, while leaving the casing inside the tube or pipe.

15 Other characteristics and advantages of the invention will appear from the description and attached drawings, which show non-limiting preferential embodiments thereof.

In these drawings:

– figures 1, 2, 3 are diagrams representing a preform or a matrix provided with a tubular structure according to the invention, this preform or matrix being represented respectively in the  
20 radially contracted state, in an intermediate state and in a radially expanded state;

– figures 1A, 2A and 3A are detail views representing the braiding of flexible strands comprising the structure, in a state of deformation corresponding respectively to figures 1, 2 and 3;

– figure 4 is a perspective view with removal of a preform according to the invention having several structures fitted inside each other;

– figure 5 is a transverse cross section, in larger scale, of the preform of figure 4;

– figures 6A and 6B are diagrammatical views of the cross section of the preform axially  
5 folded on itself, in two different possible configurations;

– figures 7 and 7' are similar views of either of the preforms in figures 6A or 6B, respectively after deployment and after radial expansion;

– figure 8 is a similar view to that of figure 2A showing a variant of the braiding method of the structure;

10 – figure 9 is a diagrammatical view in longitudinal cross section of a matrix and of a preform, both according to the invention, during the installation of the preform in a well, the matrix and the preform being deployed but not radially expanded;

– figure 9A is a detail in larger scale of the area of the wall of the matrix and preform referenced A in figure 9;

15 – figures 10, 10A, 10B, 10C and 10D are diagrammatical views intended to illustrate the different successive stages of installing a casing in an oil well bore-hole by means of a production tubing, using the matrix-preform assembly of figure 9.

– figure 11 illustrates a possible method of extracting the matrix;

– figures 12 and 12A represent the progressive inflation of a matrix during the expansion  
20 of a preform in a well.

The preform or matrix designated 1 in figures 1 to 3 has a tubular shape with a braided structure. Said structure is composed of an interlacing of two series of flat strands, or bands 10a, 10b, which are helically wound to constitute the cover of the structure. The two series are of opposite pitch, and the strands are inclined at an acute angle  $\alpha$

with respect to the generatrix of the tube it forms, which is cylindrical. To simplify the explanation, the axis XX' of the tube in figures 1 to 3 to taken as the reference. The two series of strands 10a and 10b are interlaced like caning, and are symmetrical with respect to the axis XX', on either side thereof.

5           Advantageously, the angle  $\alpha$  is on the order of  $20^\circ$  (figures 1 and 1A).

Each of the strands 10 is formed from a plurality of fibers or wires, intertwined with each other, that are inextensible and have high mechanical strength. For example, these can be glass or carbon fibers having a diameter of several micrometers, or steel wire.

10           By way of example, the strands 10 have a width of between 1 and 6 mm, and a thickness of between 0.1 and 0.5 mm.

Preferably, the material comprising the fibers or wires that form these strands has a high coefficient of friction, facilitating the mutual sliding of the interlaced strands, and consequently facilitating the deformability of the structure.

15           As can be seen in figure 2A, the braiding of the two series of strands, 10a and 10b, is done with a certain amount of clearance, resulting in a loose assembly that has rhombus-shaped spaces 11 at the intersection of the two series 10a, 10b.

In figure 1, the preform or the matrix is represented in the configuration that gives it the longest possible length L1. In this state, the structure is self-locking, the edges of the different strands being pressed against each other. The preform has a minimum diameter D1.

20           It is possible to deform this structure, for example by applying an internal pressure, as will be seen further on.

This phenomenon is illustrated in figure 2. The angle that the strands make with the axial direction XX' can be increased, this deformation causing the above-mentioned spaces 11 to appear. In figures 2 and 2A the two series of strands 10a and 10b are in an intermediate position, the angle  $\alpha$  being, for example on the order of  $30^\circ$  to  $35^\circ$ . This deformation

25

corresponds to an axial compression  $\underline{A}$  of the structure, and correlatively, to a radial expansion  $\underline{R}$ . The structure thus has a length  $L2$  that is less than  $L1$  and a diameter  $D2$  that is greater than  $D1$ .

This deformation can continue until the state illustrated in figures 3 and 3A is reached, in which the structure will again lock itself with the strands comprising the braiding pressed against each other as represented in figure 3A. Preferably, the braiding is determined so that this locking is done when the angle  $\underline{w}$  formed by the strands with respect to the axial direction is between  $50^\circ$  and  $70^\circ$ . The structure then has a minimal length  $L3$  and a maximum diameter  $D3$ .

This deformation, of course, is reversible, and by pulling axially on the ends of the structure represented in figure 3, it is possible to make it return to the state in figure 1.

10        The braiding represented in figures 1A to 3A is a simple braiding in which a strand 10a passes alternatively above and below a strand 10b, and vice versa. Obviously other methods of braiding can be considered, such as the one represented in figure 8 for example. According to the latter method, each strand 10a passes successively above and below two strands 10b, and vice versa.

15        It should be remembered that the structure represented in figures 1 to 3 is purely diagrammatic, intended to explain the deformability phenomenon of the preform or matrix.

Figure 4 shows a preform 1 that can be used in industrial applications. It is composed of several deformable tubular structures such as have just been described, in this instance four coaxial structures 3a, 3b, 3c and 3d with smaller and smaller diameters, fitted into each other. In practice, a greater number of structures fitted together, such as 10, can of course be used. They are confined between two skins made of elastic materials, for example an elastomer, one exterior skin 4 and the other interior skin 5. The wall of the matrix could be used as said interior skin. They are impregnated with the fluid but curable medium, for example a

heat-setting resin, held between the two skins 4 and 5.

The capability of the skins 4 and 5 to be deformed is chosen so as to be compatible with that of the braided structures 3, because they are all deformed simultaneously and with the same amplitudes.

5        Due to the fluidity of the medium 30 and the flexibility of the structures 3a to 3d, which can slide freely with respect to each other, the preform can be folded longitudinally on itself. Figures 6A and 6B show two possible methods (non-limiting) of folding, respectively in U-shape and snail (spiral) shape. As a result of said folding, the preform can be given a transverse cross section that takes up very little radial space. By unfolding it, the preform can be deployed to give  
10 it the cylindrical shape represented in figure 7. Then, for example by applying an internal overpressure, the preform can be radially expanded by deformation of each of the concentric structures 3a, 3b, 3c and 3d by application of the phenomenon previously described.

Figure 9 represents a preform similar to the one just described, associated with an expansion tool intended to provide for the installation of it in a well, which tool hereinafter is  
15 called matrix.

The preform 1, represented in the infolded but not expanded state, includes—as already explained—a medium 30 of heat-setting resin that occupies the annular space situated between two skins made of elastic material, one exterior 4 and the other interior 5 or 71 (of the sleeve 7). In this space there are also several concentric, tubular, deformable structures formed by braided  
20 bands 3.

The matrix—referenced 6—includes a tubular sleeve 7 closed at its upper and lower ends by plugs 60 and 61, respectively.

The upper plug 60 has a tube 8 passing through it that has holes 80 which, like its free end, open into the interior of the sleeve 7. Appropriate means—not represented—allow a liquid  
25 under pressure to be introduced by the tube 8 inside the sleeve 7, via a flexible conduit.

This liquid can be taken from the surface. In one variant of execution, the liquid (mud, oil, etc.) present in the well can be used by introducing it into the matrix by a pump with which said matrix is equipped.

5 The wall of the sleeve is composed of two elastic membranes, made of an elastomer material for example, one interior 72 and the other exterior 71. Between the two membranes there is a tubular structure of braided strands as previously described, referenced as 70. In one variant, several concentric structures can be provided, fitted into each other as is the case for the preform.

The length of the sleeve 7 is greater than that of the preform 1. End plugs 60, 61 are secured—by gluing, for example—in the ends of the interior membrane 72.

10 The sleeve 7 is attached by its outer membrane 71 to the preform 1 by means of end collars 73, 74. These collars have rupture zones 730, 740 respectively. The collars 73 and 74 form seal rings between the preform and the sleeve 7 that comprises the matrix 6.

The interface between the outer membrane 71 of the sleeve and the interior skin 5 of the preform is treated, for example by coating with silicone, so that there is little adhesion between  
15 these two elements.

In one embodiment, the interior skin can be omitted.

Preferably, as can be seen in the detail in figure 9A, the outer face of the exterior skin 4 of the preform has bolsters 40 [sic]. For example, these are ring-shaped bulges separated by cavities 41 that are also ring-shaped. The function of these bolsters is to facilitate the seal with the  
20 wall of the well, and to preserve a prestress and a certain flexibility after curing.

Figures 10 and following illustrate the operation of casing an oil well bore-hole through a production tubing by means of the preform 1 and the matrix that have just been described.

P designates the wall of the well, and the reference 9 designates the production tubing of the well, this tubing being held and centered by a hydraulic obturator or "packer" 90.

By way of example, the inside diameter of the tubing 9 is 60 mm, while the average diameter of the well is on the order of 180 mm. The preform is inserted, being folded on itself in snail-like form for example (see figure 6B) so that the largest dimension of its transverse cross section is less than the inside diameter of the tubing 9. This largest diameter is for example on the order of 55 mm. The preform is then lowered, along with the tube 8, to the desired level inside the well. The preform 1 is then deployed, causing it to take on a cylindrical shape. Its outside diameter is then 90 mm. This is achieved by introducing a fluid, such as water under pressure, into the sleeve 7 via the tube 8.

This arrival of fluid is symbolized by the arrows  $f$  in figure 10A.

The pressure of the fluid is then increased, as illustrated by the arrows  $f'$  in figure 10B. This produces the radial expansion of both the sleeve 7 and the preform 1 by deformation of the braiding as was described with reference to figures 1 to 3.

Of course, at the same time this radial expansion occurs, a reduction is observed of the length of the preform and of the matrix. It thus reaches a diameter of 180 mm.

The preform is therefore applied tightly against the wall P of the well. The degree of expansion depends on the needs, that is, on the roughness of the wall. Herein is an essential difference compared to the known flexible preform device, the radial expansion of which can only be done according to a well defined diameter. The preform therefore adapts to the configuration of the well it encounters. This is facilitated even more by the presence of the bolsters 40 [sic], which ensure the anchoring and seal.

The wall of the preform is allowed to cure by introducing and circulating a hot fluid (and under pressure) in the



sleeve 7. When the polymerization is completed, the fluid contained in the sleeve is removed by suction, which causes the radial retraction of the sleeve, as illustrated in figure 10C.

By pulling upward on the tube 8, it is then possible to remove the assembly from the matrix by breaking the rupture zones 730 and 740.

5        The sleeve 7 is elongated when radially retracted, and it is possible to extract it through the tube 9.

What was formerly the preform, now hardened, constitutes a casing element of the well.

Such casing can be used with or without cement, depending on the ground conditions encountered.

10       When positioning the preform in the well, it is obviously necessary to take into account its reduction in axial length, which will occur during the operation.

The extraction method illustrated in figure 11 does not require the application of a vacuum inside the matrix.

15       Indeed, as a result of the braided structure, under the effect of the pull  $F'$  exerted on the matrix, said matrix progressively shrinks in the radial direction, from top to bottom, pulling away from the casing 1 (already cured).

The reference 7a designates the portion of the matrix already shrunk and detached from the casing, the structural strands of which form the angle  $\underline{u}$ .

The reference 7b designates the expanded portion, the strands forming the angle  $\underline{w}$ .

20       Figures 12 and 12A represent an expansion of the matrix 7 and of the preform 1 which is done progressively, from bottom to top, an inflation liquid being introduced via the tube 8 into the lower part of the matrix. The progression of the inflation can be achieved, for example, by enclosing the preform and the matrix (in folded state) in a cover that can be torn longitudinally from bottom to top.

25       It goes without saying, of course, that the braided deformable structure according to the invention can be implemented with preforms the installation of which does not make use of inflation matrices using such a structure, and vice versa.

In one possible embodiment of the structure, certain fibers of at least some of the strands (and advantageously of all of the strands) are replaced by wires that conduct electricity, allowing the heating of the preform or the matrix, for the purpose of polymerizing the matrix when they are connected to a source of current.

- 5           This is particularly beneficial for a matrix (reusable), the electrical connections at the two ends of the structure not presenting any particular difficulties.

### CLAIMS

1. Preform or matrix tubular structure for casing a well, characterized by the fact that it includes at least a braiding of flexible strands (10, 70) made of fibers (100) that are interlaced with a certain amount of clearance so that the structure is capable of expanding radially while being constrained in an axial direction under the application of an overpressure inside the preform  
5 (1) or matrix (7).

2. Tubular structure according to claim 1, characterized by the fact that said braiding is composed of two series of strands (10a, 10b) that are interlaced symmetrically with respect to the longitudinal axis (XX') of the tubular structure, the strands of each series being parallel to each other.

10 3. Tubular structure according to claim 2, characterized by the fact that when it is in its radially contracted state, each of said series of strands (10a, 10b) forms an acute angle ( $\alpha$ ) with the longitudinal axis (XX') of between  $10^\circ$  and  $30^\circ$ , and is preferably on the order of  $20^\circ$ .

15 4. Tubular structure according to claim 2 or 3, characterized by the fact that when it is in its radially expanded state, each of said series of strands (10a, 10b) forms an acute angle ( $\omega$ ) with the longitudinal axis (XX') of between  $50^\circ$  and  $70^\circ$ .

5. Tubular structure according to any of claims 1 to 4, characterized by the fact that the said strands (10, 70) are flat, assuming the shape of bands.

6. Tubular structure composed of several elementary structures according to at least one of the preceding claims, that are coaxially fitted into each other.

20 7. Tubular structure according to any of the preceding claims, characterized by the fact that it is flexible enough to be able to be folded longitudinally on itself when the structure is in its radially contracted state.

8. Tubular structure according to any of claims 1 to 7, characterized by the fact that certain fibers of at least some of the

strands comprising the braiding are replaced by wires that conduct electricity to allow the preform or the matrix to be heated by the Joule effect when they are connected to a source of current.

9. Radially expandable tubular preform (1), for casing a well, characterized by the fact that it has a structure in accordance with any of the preceding claims, and that it has a wall made of composite material, formed from a fluid and curable medium (30) in which said structure is embedded, this medium being confined between interior (5) and exterior (4) skins made of elastic material.

10. Preform according to claim 9, characterized by the fact that said material (30) is preferably a resin that is curable, by heat setting for example.

11. Preform according to claim 10, characterized by the fact that the said exterior skin has portions (40) that stand in relief.

12. Radially expandable tubular matrix (6), used to radially expand a preform (1) to form the casing of a well (P), characterized by the fact that it has a structure that conforms to any of claims 1 to 5.

13. Matrix according to claim 12, characterized by the fact that the said tubular structure (70) is inserted between two elastic membranes, one interior (72) and the other exterior (71), the assembly forming an inflatable sleeve (7) equipped with a tube (8) to carry fluid into the sleeve.

14. Matrix according to claim 13, characterized by the fact that it is attached to the preform (1) by means of breakable connecting elements (73, 74).

15. Tubular matrix with flexible and radially expandable wall, intended to be applied radially against the inner wall of a preform before and during the curing thereof, in order to produce the casing for a well, and particularly an oil well bore-hole, characterized by the fact that its wall is provided with at least one tubular structure attached to an elastic support and having a braiding of flexible strands (70) made of fibers that are interlaced with a certain amount of clearance, so that this

structure and its support can be radially expanded together, while being constrained in an axial direction under the application of an internal pressure, while conversely, they can be constrained radially while being extended axially under the application of an internal depression and/or an axial tension.

[see original for figures 1-12A]

## **INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

**[see original for English]**



TRANSPERFECT | TRANSLATIONS

### AFFIDAVIT OF ACCURACY

I, Kim Stewart, hereby certify that the following is, to the best of my knowledge and belief, true and accurate translations performed by professional translators of the following patents from French to English:

WO 99/25951

WO 97/06346


WO 96/21083

WO 96/01937

WO 94/25655

2 780 751(98 08781)


2 717 855(94 03629)

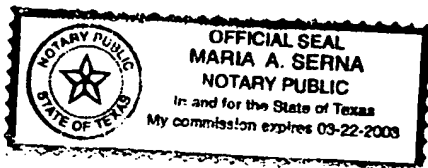
  
Kim Stewart

TransPerfect Translations, Inc.  
3600 One Houston Center  
1221 McKinney  
Houston, TX 77010

ATLANTA  
BOSTON  
BRUSSELS  
CHICAGO  
DALLAS  
DETROIT  
FRANKFURT  
HOUSTON  
LONDON  
LOS ANGELES  
MIAMI  
MINNEAPOLIS  
NEW YORK  
PARIS  
PHILADELPHIA  
SAN DIEGO  
SAN FRANCISCO  
SEATTLE  
WASHINGTON DC

Sworn to before me this  
23rd day of January 2002.

  
Signature, Notary Public



Stamp, Notary Public

Harris County

Houston, TX



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**